Aus der Chirurgischen Klinik A der Universität Düsseldorf

Direktor: Professor Dr.med.Karl Kremer

Hämodynamische Strömungsmessungen in der Gefäßchirurgie an Hand zweier unterschiedlicher Anastomose-Verfahren

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Herwart Twehues

1979

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543910_0049

Aus der Chirurgischen Klinik A der Universität Düsseldorf

Direktor: Professor Dr.med.Karl Kremer

Hämodynamische Strömungsmessungen in der Gefäßchirurgie an Hand zweier unterschiedlicher Anastomose-Verfahren

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Herwart Twehues

1979

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität Düsseldorf

Der Dekan

der Medizinischen Fakultät

der Universität Düsseldorf

gez.:

Prof.Dr.med. H.-L. Krüskemper

Referent

gez.:

Priv.-Doz.Dr.med. W. Sandmann

Korreferent

gez.:

Prof.Dr.med. G. Arnold

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Patienten und Methode	3
3.	Ergebnisse	9
3.1	End-zu-End-Anastomosen	9
3.2	End-zu-Seit-Anastomosen	10
4.	Diskussion	11
5.	Zusammenfassung	20
6.	Literaturverzeichnis	22
7.	Tabelle 3-23c	

1.Einleitung

In der rekonstruktiven Chirurgie der Arterien hängt der langfristige Erfolg des Eingriffs von einer Vielzahl voneinander nicht immer zu trennenden Faktoren ab wie beispielsweise von der erblichen Disposition,dem Geschlecht, der Grunderkrankung des Patienten (z.B.Hypertonie,Diabetes, Arteriosklerose),den exogenen Faktoren (z.B.Nikotin),der Erfahrung des Chirurgen,der Nahttechnik,der Art des Gefäßersatzes (z.B.autologes,homologes,heterologes oder alloplastisches Gewebe),den hämodynamischen Faktoren.
Dieser letzte Punkt ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.
Nachdem sich das früher geübte Verfahren der Desobliteration des langstreckig verschlossenen Gefäßsegments nicht bewährt hat,da methodisch bedingte zahlreiche Frühverschlüsse und eine baldige Thrombosierung des primär funktionstüchtigen Gefäßabschnittes eintraten,wird heute die Technik der Umleitungsoperation (Bypass) bevorzugt.
Diese Arbeit beschäftigt sich mit einem Problem der speziellen Hämodynamik des femoro-poplitealen Venenbypass.
Für dieses Bypass-Verfahren sind grundsätzlich folgende technische Möglichkeiten anwendbar:

1. Die End-zu-Seit-Anastomose proximal und distal
2. Die End-zu-End-Anastomose proximal und die End-zu-Seit-Anastomose distal
3. Die End-zu-Seit-Anastomose proximal und die End-zu-End-Anastomose distal.

Bei der Wahl des Anastomosen-Verfahrens hat die chirurgische Implantationstechnik den Fließbedingungen des Blutes,gemessen an der Zahl der Veröffentlichungen im Vergleich zu den sonstigen Erfolgsmitteilungen aus der rekonstruktiven Arterienchirurgie,bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Zwar finden sich Hinweise und Empfehlungen für die Wahl des Anastomosen-Verfahrens in den Arbeiten von HAIMOVICI (1976),HEINRICH (1976),MEYER-BURGDORFF und WANKE (1963), VOLLMAR (1975),aber diese Hinweise stützen sich in erster Linie auf Erfahrungen und Eindrücke und nicht auf hämodynamische Untersuchungen.

Außerdem gibt es eine Anzahl von experimentellen Untersuchungen über das Strömungsverhalten des Blutes,z.B. HEBERER,RAU und LÖHR (1966),MALAN,NOSEDA und LONGO (1969), MC DONALD (1974),RIEBEN (1961),ROACH (1977), SZILAGYI,WHITCOMB,SCHENKER und WAIBEL (1960).

Aber in wenigen Arbeiten überhaupt wird der Einfluß des Anastomosen-Verfahrens auf das Strömungsverhalten des Blutes bei gefäßoperierten Patienten berücksichtigt. HAGMÜLLER und RUSSE (1976),TIBBS (1975).

2.Patienten und Methode

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden an insgesamt 21 Patienten (20 Männer,1 Frau) im Alter von 38-76 Jahren durchgeführt.

Allen gemeinsam waren periphere arterielle Durchblutungsstörungen,die einen rekonstruktiven gefäßchirurgischen Eingriff erforderten.

Die Operationen wurden in Peridural-Anaesthesie durchgeführt und bestanden bei allen Untersuchten in der Anlage eines autologen femoro-poplitealen Saphena-Bypass.

Das distale Ende der Vene wurde je nach Wandbeschaffenheit des femoro-poplitealen Übergangs End-zu-End oder End-zu-Seit mit der A.poplitea anastomosiert.

Bei 14 Patienten wurde das Transplantat mit einem kurzen Stumpf der proximalen A.femoralis anastomosiert,wobei die Lumeninkongruenz zwischen der relativ lumenweiten Arterie und der schmalkalibrigen Vene durch Einnähen eines Venenstreifens (Patch) so weit wie möglich ausgeglichen wurde.

Bei 7 Patienten wurde eine End-zu-Seit-Anastomose zwischen Vene und A.femoralis communis in Höhe des Profundaabgangs durchgeführt;4 dieser Anastomosen wurden zusätzlich mit einem Patch über dem distalen Anastomosenende versehen.

Mit der im folgenden beschriebenen Methode wurde die Strömungsqualität jeweils an 3 festgelegten Meßpunkten analysiert:

Die 1.Meßstelle befand sich jeweils unmittelbar (1 cm) proximal der femoralen Anastomose,die 2.und 3.Meßstelle befanden sich 1 bzw.2 cm distal der femoralen Anastomose.

Dazu wurde mit Hilfe des gepulsten Doppler-Ultraschallverfahrens in den über der Meßstelle registrierten Dopplersignalen die Frequenzstreuung Σ und die mittlere Frequenz $\overline{V}$ ermittelt.

Die Methode der Messung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in Gefäßen unter Verwendung von Ultraschall wurde erstmals von SATOMURA (1959) angegeben.

Das Prinzip dieser Meßmethode erläutert Abb.1 :

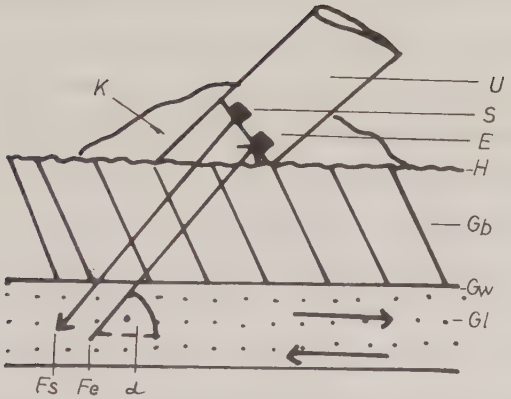


Abb.1 :

Prinzip der Strömungsmessung in Blutgefäßen mit dem Doppler-Ultraschallverfahren

(In Anlehnung an BUSSE,KÖRNER,SPERLING) (1974)

Dabei bedeuten :

α = der Winkel,den der Sende-Empfangskristall mit der Strömung bildet,E = Empfänger,Fe = empfangene Frequenz, Fs = gesendete Frequenz,Gb = Gewebe,Gl = Gefäßlumen, Gw = Gefäßwand,H = Haut,K = Kontaktgel,S = Sender, U = Ultraschall-Meßkopf

Sie beruht auf der Rückstreuung von Ultraschallwellen an den Blutkörperchen.Die Differenz zwischen gesendeter und empfangener Frequenz von Ultraschall,welcher gegen eine Strömung gesendet wird,bezeichnet man als Dopplersignal;es handelt sich um eine Frequenzmodulation,für die folgende Beziehung gilt:

$$F = \frac{2\ Fs \times \cos \alpha}{c} \times \overline{V}$$

wobei Fs die Sendefrequenz, α der Winkel,den der Ultraschall mit der Richtung der Strömung bildet,c die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalls im Gewebe (c = 1500 m/sec),FRUCHT (1953),und $\overline{V}$ die mittlere Geschwindigkeit bedeuten.

F entsteht durch Mischung von Fs und Fe (= empfangene Frequenz) im Empfänger als Schwebung,liegt für laminare und turbulente Blutströmung unter 20 kHz und kann über Lautsprecher hörbar,auf einem Oszilloskopen sichtbar oder nach Speicherung auf einem Magnetband mit einem Spektrographen analysiert werden.

Die Untersuchungen für diese Arbeit wurden mit einem gepulsten Doppler-Ultraschallvelocimeter durchgeführt, welches von PERONNEAU und Mitarbeitern (1969) entwickelt und weiter verbessert wurde.

Das Gerät arbeitet folgendermaßen SANDMANN (1975) :

Es handelt sich um ein getortes,richtungsanzeigendes und bereichsgesteuertes Instrument.Als Sender dient ein Bariumtitanat-Kristall,der alle 30 µsec einen 8 mHz-Impuls von 1 µsec Dauer sendet.Der Abstand des zu

messenden Volumens vom Kristall wie auch die Größe des Meßvolumens können durch eine elektronische Schaltung frei gewählt werden,d.h.bei genügend großer Torbreite können die Doppler-Signale des gesamten Gefäßdurchmessers empfangen werden.Die kleinste Torbreite beträgt 1 µsec = 0,67 mm.

Für die vorliegenden Untersuchungen hatten die Sende-Empfangskristalle einen Winkel zur Strömung von 68°; ferner waren sie so geeicht,daß 1 Volt = 2 kHz entsprachen (1 kHz = 25 cm/sec).

Bei den Messungen wurde so vorgegangen,daß durch die oben erwähnte Schaltung die Dopplerfrequenzen des gesamten Gefäßdurchmessers empfangen wurden.

Bei 2 Patienten (der eine mit einer End-zu-End-, der andere mit einer End-zu-Seit-Anastomose) wurde zusätzlich in oben dargestellter Weise ein Strömungsprofil erstellt.

Die Frequenzstreuung im Dopplersignal wurde mit Hilfe des Velogramm gemessen.Technisch gesehen handelt es sich um ein Histogramm,d.h.die im Dopplerspektrum vorkommenden Frequenzen werden an Hand ihrer Schwingungsdauer gemessen, da jeder Nulldurchgang der Frequenz in einem Nulldurchgangszähler (Schmitt-Trigger) ein Spannungssignal auslöst und die Zeit zwischen den Nulldurchgängen somit ein Maß für die Frequenz ist.($F = \frac{1}{T}$)

Dabei ist die Streuung der Zeitintervalle ein Maß für die Abweichung der Geschwindigkeit der einzelnen Blutteilchen von der querschnittsgemittelten Geschwindigkeit.

Projiziert man nun alle in einem vorgewählten Zeitabschnitt (in dieser Arbeit wurden die systolischen Spitzengeschwindigkeiten analysiert,wobei die R-Zacke des EKG zur Triggerung des Speicherbildoszilloskopen diente) vorkommenden Zeitintervalle als reziprokes Volt/Zeitsignal auf ein Speicherbildoszilloskop (Fa. Tektronix),(je kürzer der Abstand zwischen zwei Nulldurchgängen,je höher die Spannung,desto höher die Frequenz),so läßt sich einmal aus den Voltwerten ein Mittelwert bilden,der bei Öffnung des akustischen Spalts über dem gesamten Gefäßdurchmesser der querschnittsgemittelten Strömungsgeschwindigkeit $\overline{V}$ proportional ist.Die Standardabweichung vom Mittelwert $\overline{V}$ ist somit ein Maß für die Streuung der Einzelgeschwindigkeiten V.

Der Quotient T.I. (= Turbulenzindex) = $\frac{\Sigma}{\overline{V}} \times 100$,ausgedrückt in Prozent,stellt somit ein dimensionsloses, vergleichbares und quantitatives Maß für die Streuung der Geschwindigkeiten in der Strömung entlang des Gefäßdurchmessers dar und gibt somit eine Information über die Stabilität einer Strömung bzw.des Strömungsprofils. (Nach einem Vorschlag von PALOMBA und Mitarbeitern (1979) kann man diesen Index jetzt auch Pertubationsindex nennen, da diese Größe nicht notwendigerweise nur Turbulenz ausdrückt.)

Außerdem wurde das Analogsignal registriert (zur Berechnung der querschnittsgemittelten Strömungsgeschwindigkeit und zur Erstellung der Geschwindigkeitsprofile).

Die zeitliche Mittelung der verschiedenen Abstände zwischen den Nulldurchgängen entsprechend dem Frequenzgemisch wurde nicht vom Meßgerät selbst,sondern,wie oben erwähnt,als reziprokes Volt/Zeitsignal auf das Speicherbildoszilloskop projiziert und mit einer Polaroidkamera fotographiert. Durch Auszählung der Voltwerte mittels Schablone und folgender Eingabe in einen Kleinrechner (Hewlett-Packard 45) wurde der Mittelwert $\overline{V}$ sowie die Standardabweichung vom Mittelwert für die Meßzeit ermittelt. Mit Hilfe dieser so ermittelten Werte wurden einmal die Strömungsverhältnisse jedes einzelnen Bypass an den 3 Meßpunkten (1 cm stromaufwärts bzw.1 und 2 cm stromabwärts der femoralen Anastomose) miteinander verglichen. Zum anderen wurde an Hand des Turbulenzindex untersucht, ob und in welchem Maß eine Zu-oder Abnahme der Störungen im Strömungsmuster distal der proximalen Anastomosen bei den unterschiedlichen Anastomosen-Verfahren (End-zu-End bzw.End-zu-Seit) stattgefunden hatte.

3. Ergebnisse

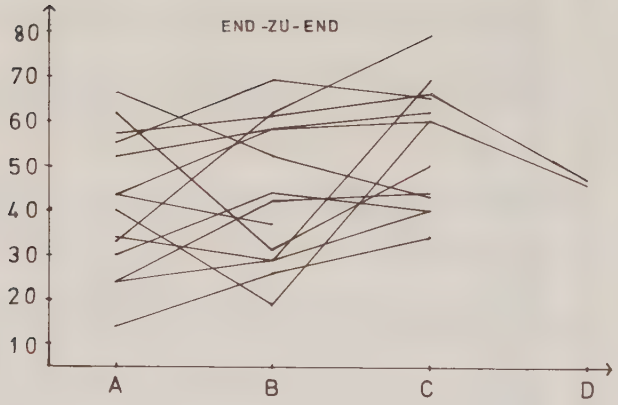
3.1.Ergebnisse bei den End-zu-End-Anastomosen

Das Strömungsverhalten proximal und distal der 14 gemessenen End-zu-End-Anastomosen zeigen Tab.1 und Fig.1.
Setzt man das Ausmaß der Turbulenz stromaufwärts der femoralen Anastomose = 100%,so verringerte sich der Turbulenzindex 1 cm stromabwärts der femoralen Anastomose bei 5 von 14 Patienten zwischen 14,8 und 69,4%.
2 cm stromabwärts der femoralen Anastomose war noch bei 3 Patienten eine Abnahme des Turbulenzindex zwischen 3,3 und 34,9% zu verzeichnen.
Bei 2 Patienten,bei denen zusätzlich 3 cm stromabwärts der femoralen Anastomose eine Messung vorgenommen wurde, fand sich eine Ab-bzw.Zunahme des Turbulenzindex von 17,6 bzw.17,7%.
Die für diesen Anastomose-Typ vorgenommenen Messungen des Turbulenz-und Geschwindigkeitsprofils zeigen die Abb.2-4.
An allen 3 Meßstellen (1 cm stromaufwärts bzw.1 und 2 cm stromabwärts der proximalen Anastomose) ist ein deutlich gestörtes Strömungsverhalten mit einem gegenläufigen Verhalten der Geschwindigkeit feststellbar.

Tabelle 1 :
(Zeichenerklärung s.Tab.2)

End-zu-End-Anastomosen

Patient	1 cm proximal der femoralen Anastomose			1 cm distal der femoralen Anast.				2 cm distal der femoralen Anast.				3 cm distal der femoralen Anast.			
	T.I.	T.I.%	t	T.I.a	T.I.a%	t	T.I.%-T.I.a%	T.I.b	T.I.b%	t	T.I.%-T.I.b%	T.I.c	T.I.c%	t	T.I.%-T.I.c%
2 E.A.	44	100	-	37	84	-	-16,0								
3 O.S.	34	100	-	29	85,2	-	-14,8	69	202,9	+	+102,9				
4 M.P.	61	100	+	31	50,8	-	-49,2	50	81,9	+	- 18,1				
5 W.A.	30	100	-	44	146,6	-	+46,6	40	133,3	-	+ 33,3				
6 E.E.	33	100	-	62	187,8	+	+87,8	79	239,3	+	+139,3				
7 J.H.	24	100	-	42	175,0	-	+75,0	44	183,3	-	+ 83,3				
9 W.W.	62	100	+	19	30,6	-	-69,4	60	96,7	+	- 3,3	73	117,7	+	+17,7
10 M.G.	52	100	+	58	111,5	+	+11,5	62	119,2	+	+ 19,2				
11 C.H.	57	100	+	61	107,0	+	+ 7,0	66	115,7	+	+ 15,7	47	82,4	-	-17,6
12 W.A.	44	100	-	58	131,8	+	+ 31,8	60	136,3	+	+ 36,3				
13 A.G.	55	100	+	69	125,4	+	+ 25,4	65	118,1	+	+ 18,1				
14 W.H.	66	100	+	52	78,7	+	- 21,3	43	65,1	-	- 34,9				
16 B.H.	14	100	-	26	185,7	-	+ 85,7	34	242,8	-	+142,8				
22 W.H.	24	100	-	29	120,8	-	+ 20,8	40	166,6	-	+ 66,6				



Figur 1 :

Ergebnisse der Messungen der End-zu-End-Anastomosen

Ordinate :

Turbulenzindex T.I.

Abszisse :

A = 1 cm proximal der femoralen Anastomose

B = 1 cm distal der femoralen Anastomose

C = 2 cm distal der femoralen Anastomose

D = 3 cm distal der femoralen Anastomose

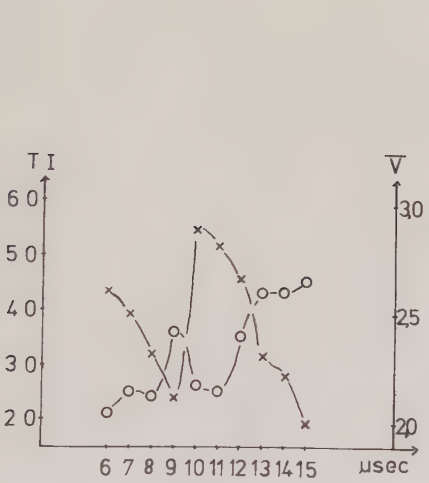


Abb.2 :

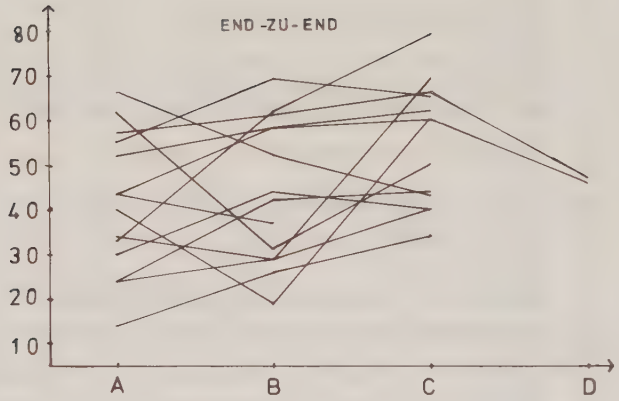
Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 1 cm proximal der femoralen End-zu-End-Anastomose, (Pat.W.H.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\bar{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)



Figur 1 :

Ergebnisse der Messungen der End-zu-End-Anastomosen

Ordinate :

Turbulenzindex T.I.

Abszisse :

A = 1 cm proximal der femoralen Anastomose

B = 1 cm distal der femoralen Anastomose

C = 2 cm distal der femoralen Anastomose

D = 3 cm distal der femoralen Anastomose

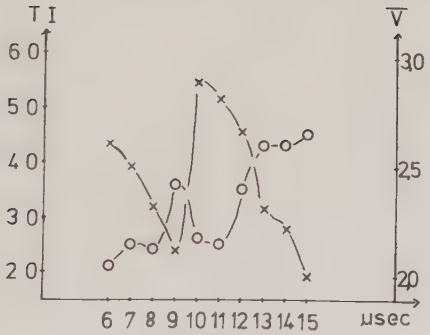


Abb.2 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 1 cm proximal der femoralen End-zu-End-Anastomose, (Pat.W.H.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\bar{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

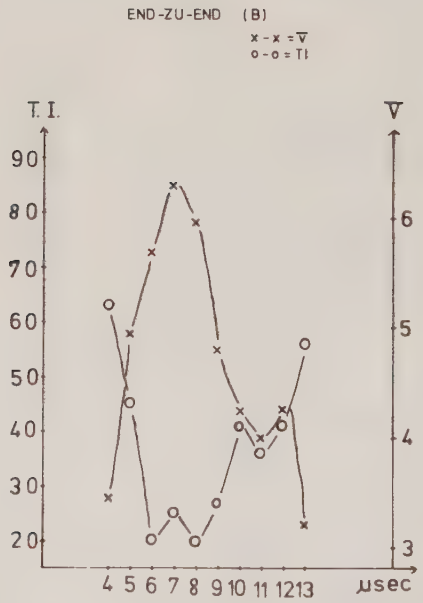


Abb.3 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 1 cm distal der femoralen End-zu-End-Anastomose, (Pat.W.H.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\bar{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

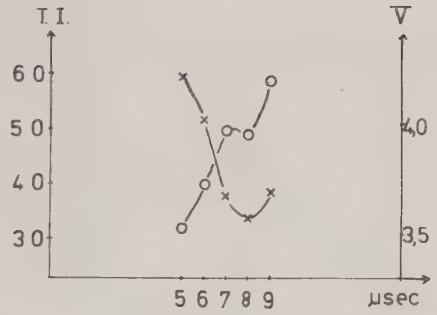


Abb.4 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 2 cm distal der femoralen End-zu-End-Anastomose, (Pat.W.H.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\overline{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

3.2.Ergebnisse bei den End-zu-Seit-Anastomosen

Das Strömungsverhalten proximal und distal der 7 gemessenen End-zu-Seit-Anastomosen zeigt Tab.2 und Fig.2. Setzt man wiederum,wie unter 3.1.beschrieben,die Turbulenzindices zueinander in Beziehung,so findet sich 1 cm stromabwärts der femoralen Anastomose bei 5 von 7 Patienten eine Abnahme des Turbulenzindex zwischen 1,5 und 57,2%.

2 cm stromabwärts der femoralen Anastomose waren noch 4 von 7 gemessenen Turbulenzindices zwischen 25,8 und 50,0% verbessert.

Bei 2 Patienten,bei denen noch 3 cm stromabwärts eine Messung vorgenommen wurde,fand sich eine Abnahme des Turbulenzindex von 22,3 bzw.50,0%.

Die auch für diesen Anastomosen-Typ bei einem Patienten durchgeführten Messungen des Turbulenz-und Geschwindigkeitsprofils zeigen die Abb.5-8.

Auch hier zeigten sich an allen 4 Meßorten (1 cm stromaufwärts bzw.1,2,3 cm stromabwärts) Störungen im Strömungsprofil.

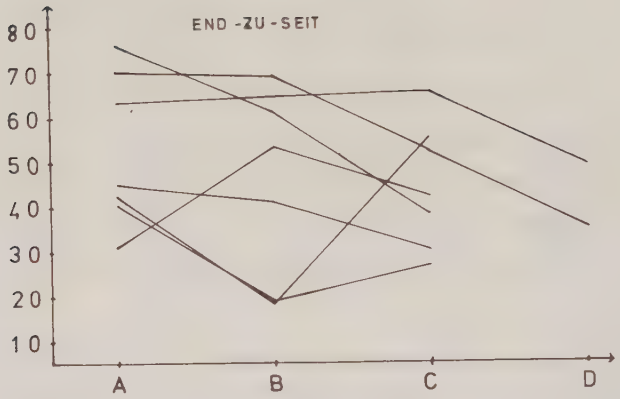
Tabelle 2 :

End-zu-Seit-Anastomosen

Patient	1 cm proximal der femoralen Anastomose			1 cm distal der femoralen Anast.				2 cm distal der femoralen Anast.				3 cm distal der femoralen Anast.			
	T.I.	T.I.%	t	T.I.a	T.I.a%	t	T.I.%-T.I.a%	T.I.b	T.I.b%	t	T.I.%-T.I.b%	T.I.c	T.I.c%	t	T.I.%-T.I.c%
1 F.B.°	45	100	-	41	91,1	-	-8,9	30	66,6	-	-33,4				
15 W.B.	40	100	-	19	47,5	-	-52,5	27	67,5	-	-32,5				
17 K.H.°	63	100	+	64	101,5	+	+ 1,5	65	103,1	+	+ 3,1	49	77,7	-	-22,3
18 J.S.	31	100	-	53	170,9	+	+70,9	42	135,4	-	+35,4				
19 V.F.°	42	100	-	18	42,8	-	-57,2	55	130,9	+	+30,9				
20 E.W.	76	100	+	62	81,5	+	-18,5	38	50,0	-	-50,0				
21 T.B.°	70	100	+	69	98,5	+	- 1,5	52	74,2	+	-25,8	35	50,0	-	-50,0

Zeichenerklärung:

T.I. = Turbulenz-Index
T.I.% = Turbulenz-Index in %,wobei die Meßstelle proximal der femoralen Anastomose = 100% ist
t(+,-) = turbulente(+)bzw.nicht turbulente(-)Strömung,wobei turbulent = 50 definiert ist
T.I.a(T.I.b,T.I.c) = Turbulenzindex 1(2,3)cm distal der femoralen Anastomose
T.I.a%(T.I.b%,T.I.c%) = Turbulenz-Index 1(2,3)cm distal der femoralen Anastomose in %,im Vergleich zur Meßstelle proximal der femoralen Anastomose
T.I.%-T.I.a(b,c)% = Differenz zwischen dem T.I.proximal der femoralen Anastomose einerseits und 1(2,3)cm distal der femoralen Anastomose in %,wobei ein positives Vorzeichen Zu-und ein negatives Vorzeichen Abnahme der Turbulenz bedeutet
0 = Diese Anastomosen wurden zusätzlich mit einem Patch versehen



Figur 2 :

Ergebnisse der Messungen der End-zu-Seit-Anastomosen

Ordinate :

Turbulenzindex T.I.

Abszisse :

A = 1 cm proximal der femoralen Anastomose

B = 1 cm distal der femoralen Anastomose

C = 2 cm distal der femoralen Anastomose

D = 3 cm distal der femoralen Anastomose

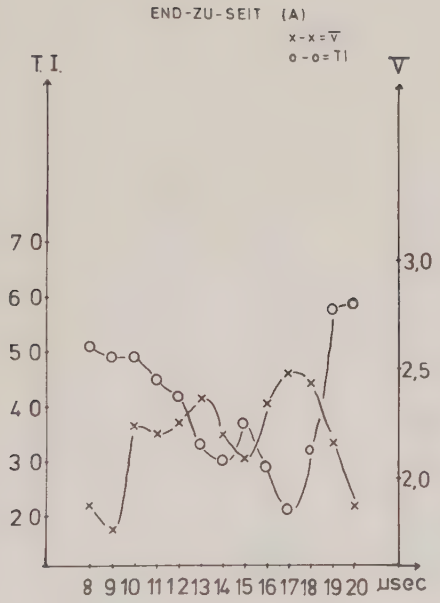


Abb.5 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 1 cm proximal der femoralen End-zu-Seit-Anastomose, (Pat.T.B.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\overline{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

END-ZU-SEIT (B)

x - x = $\bar{V}$
o - o = TI

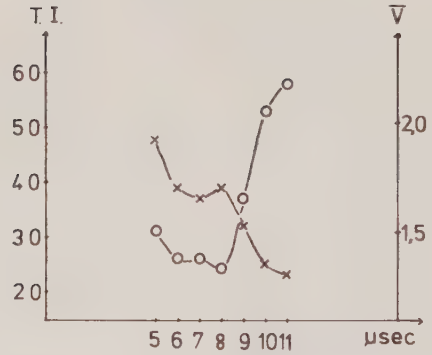


Abb.6 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 1 cm distal der femoralen End-zu-Seit-Anastomose, (Pat.T.B.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\bar{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

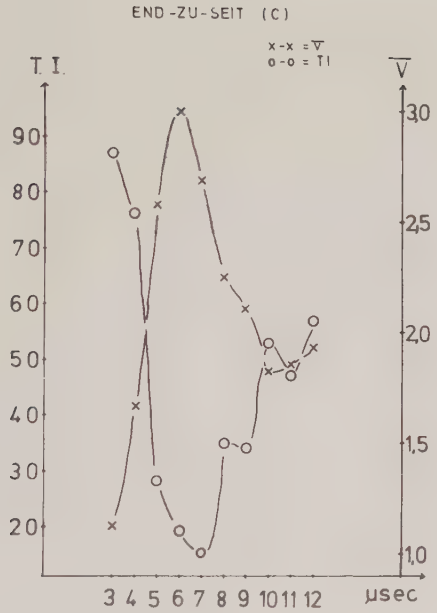


Abb.7 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 2 cm distal der femoralen End-zu-Seit-Anastomose, (Pat.T.8.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\overline{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

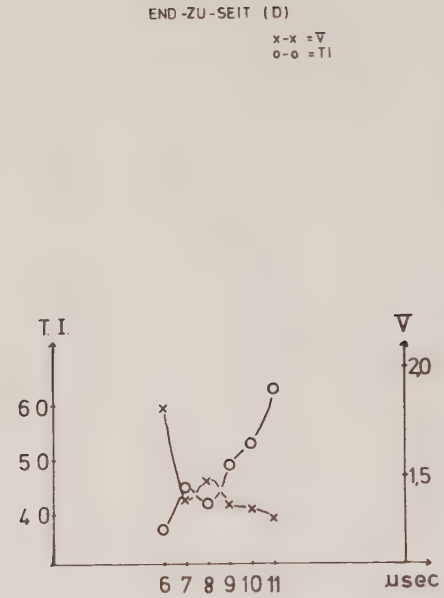


Abb.8 :

Geschwindigkeits-und Turbulenzprofil 3 cm distal der femoralen End-zu-Seit-Anastomose, (Pat.T.B.)

Ordinate :

T.I. = Turbulenzindex, $\overline{V}$ = mittlere Strömungsgeschwindigkeit (1 V = 2 kHz = 50 cm/sec)

Abszisse :

Gefäßdurchmesser in µsec (1 µsec = 0,67 mm)

4.Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden Strömungsmessungen an End-zu-End-bzw.End-zu-Seit-Anastomosen vorgenommen. Zur Beurteilung der Anastomosenfunktion im Hinblick auf die Hämodynamik können im Rahmen der Gefäßchirurgie prinzipiell folgende Verfahren herangezogen werden:

1.Die Angiographie:

Sie ermöglicht es,die Gefäßwandprozesse des Gefäßsystems mit deren topographischen und anatomischen Einzelheiten objektiv zu erfassen.Für die Indikationsstellung zur chirurgischen Behandlung ist sie unentbehrlich.

Ihr Nachteil ist,daß sie nur Momentaufnahmen des Strömungsverhaltens im Gefäßsystem wiedergibt und dies zumeist nur in 1 Ebene.

2.Die Stromstärkemessung:

Sie wird in der Regel elektromagnetisch durchgeführt. Die Tatsache,daß hierbei lediglich der Durchfluß in Vol./Zeiteinheit gemessen wird ohne Berücksichtigung der Strömungsverteilung innerhalb des Gefäßdurchmessers (weitere Nachteile dieses Meßverfahrens sind Nullpunktinkonstanz,Hämatokritabhängigkeit etc.),läßt die folgende Methode vorteilhafter erscheinen:

3.Die Ermittlung der Geschwindigkeitsvektoren:

Sie wird durchgeführt entweder mit dem Hitzedrahtanemometer (Nachteil hierbei:die z.Z.zur Verfügung stehenden Anemometer haben einen Durchmesser von mindestens 1 mm

und können so Verfälschungen der Meßergebnisse verursachen) oder mit Hilfe des Ultraschallverfahrens nach dem Doppler-Prinzip,das von SATOMURA (1959) erstmals angegeben und von PERONNEAU (1969) und BAKER (1970) weiterentwickelt wurde.

Diese unter 3.aufgeführten Methoden haben den Vorteil, daß mit ihrer Hilfe die Ordnung der Teilchen innerhalb einer Strömung beurteilt werden kann,d.h.es ist eine Aussage möglich,ob das Strömungsverhalten laminar,gestört oder turbulent ist.

Die wohl häufigste postoperative Komplikation in der Wiederherstellungschirurgie der Arterien ist,neben Blutung und Infektion,die Thrombosierung des Transplantats. Pathogenetisch dürfte es sich dabei um ein komplexes hämodynamisches Geschehen handeln,wie eine Fülle von sich z.T.widersprechenden Veröffentlichungen zeigt.Ein umfassender Überblick findet sich bei HEBERER,RAU und LÖHR (1966).

Alle Untersuchungen unterstreichen aber den Einfluß des Blutströmungsverhaltens auf die Gefäßwand.

Unter diesem Gesichtspunkt kommt der Wahl des Anastomoseverfahrens,die ja das Strömungsverhalten beeinflußt,eine große Bedeutung in Hinblick auf Erfolg oder Mißerfolg bei rekonstruktiven gefäßchirurgischen Eingriffen zu.

Eine Reihe von Autoren,HAGMÜLLER und RUSSE (1976),

SZILAGYI (1960),TIBBS (1975),bevorzugt auf Grund ihrer klinischen (HAGMÜLLER und RUSSE,TIBBS) bzw. experimentellen (SZILAGYI) Untersuchungsergebnisse die End-zu-End-Anastomose.

Hierbei muß man grundsätzlich zu bedenken geben,daß die Untersucher ihre Ergebnisse durchweg mit Hilfe der elektromagnetischen Flußmessung gewonnen haben.Dieses Meßverfahren berücksichtigt jedoch,wie oben bereits erwähnt, lediglich den quantitativen Aspekt der Strömung.Dies mag für die Feststellung einer eventuellen unmittelbaren postoperativen Thrombosierung des Transplantats genügen; für die Beurteilung des längerfristigen Erfolgs ist es jedoch erforderlich,der Qualität der Strömung genügend Beachtung zu schenken,da z.B.ein hohes Transplantat-Strömungsvolumen und Turbulenz gleichzeitig vorkommen können.Diese Unterscheidung ist jedoch mit der oben angegebenen Meßmethode nicht möglich, BERGUER und HIGGINS (1976).

Die o.g.Autoren,welche die End-zu-End-Anastomose bevorzugen,gehen bei ihrer Wahl u.a.davon aus,sie sei als Fortsetzung des Arterienrohres die Technik der Wahl. Dieser Vorstellung ist entgegenzuhalten,daß sich durch die End-zu-End-Vereinigung eine Stufenbildung oder Einengung der Anastomosenöffnung als Folge der zwangsläufigen Narbenbildung ergibt,HAIMOVICI (1976),HEBERER, RAU und LÖHR (1966),MEYER-BURGDORFF und WANKE (1963), RIEBEN (1961),SZYLAGYI (1960).

Folge dieser artifiziellen Einengung,die auch durch eine

sorgfältige Technik kaum zu vermeiden ist,kann eine poststenotische Dilatation sein.Diese wiederum beinhaltet die Gefahr des poststenotischen Aneurysma mit Bildung von Thromben,die u.U.zu peripheren arteriellen Embolien führen können.Zwar besteht bei dieser Technik die Möglichkeit des Einnähens eines Venenstreifens (patch) zwecks Lumenerweiterung,doch tritt dadurch eine Strömungsverlangsamung in diesem erweiterten Gefäßabschnitt lokal auf,so daß mit Thrombussedimentation,nachfolgender Stenosierung am Ende des Venenstreifens und schließlich mit Thrombosierung des Transplantats zu rechnen ist.
Desweiteren kommt bei dieser Anastomosetechnik die Tatsache hinzu,daß es auch in nicht winkligen Gefäßen sehr häufig zu gestörter Strömung und damit beispielsweise zu arteriosklerotischen Veränderungen der Gefäßwand kommen kann.Der bevorzugte Befall der terminalen Aorta,der Becken- und Oberschenkelarterien ist aus der Klinik und der pathologischen Anatomie bekannt.Grund für diese Prädilektionsstellen arteriosklerotischer Wandveränderungen könnte das lokale Strömungsverhalten in diesem Abschnitt sein.
Es ist gekennzeichnet durch hohe Geschwindigkeitsspitzen, durch eine ausgeprägte Rückflußphase und zeitweise auftretende Turbulenz,HEBERER (1966).MC DONALD (1952) beispielsweise konnte kinematographisch in der Aorta von Kaninchen während der systolischen Geschwindigkeitsspitzen eindeutig turbulente Strömung nachweisen.
SANDMANN (1975) fand allerdings lediglich gestörte, noch nicht turbulente Strömung in der Aorta thorakalis

descendens des Hundes.Der Einfluß der zahlreichen Gefäßabgänge in diesem Bereich (z.B.Lumbalarterien) auf die lokale Strömung in der Aorta ist allerdings bis heute ungeklärt.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bei den End-zu-End-Anastomosen,so scheinen sie die erwähnten Vorbehalte gegenüber diesem Anastomoseverfahren zu bestätigen.

Von insgesamt 14 gemessenen Anastomosen dieses Typs wiesen 1 cm distal der femoralen Anastomose nur 5 eine Abnahme des Turbulenzindex bis zu 69,4% auf,9 jedoch eine Zunahme bis zu 87,8% im Vergleich zur Meßstelle 1 cm stromaufwärts der Anastomose.

Diese Verschlechterung der Strömungsverhältnisse nahm 2 cm distal der femoralen Anastomose noch weiter zu; denn hier hatten insgesamt 10 der Turbulenzindices im Vergleich zur Meßstelle stromaufwärts der Anastomose um bis zu 142,8% zugenommen.

Noch weiter stromabwärts (3 cm) der Anastomose sahen diese Ergebnisse etwas günstiger aus;bei den 2 an dieser Stelle gemessenen Turbulenzindices war einer um 17,6 bzw.17,7 % verbessert bzw.verschlechtert im Vergleich zur Meßstelle stromaufwärts der Anastomose.

Die Zahl der Untersucher,die sich für die End-zu-End- und somit gegen eine End-zu-Seit-Anastomose entschieden hat,ist,wie oben erwähnt,recht groß.

Diese Ablehnung der End-zu-Seit-Anastomose scheint auf den ersten Blick gerechtfertigt.

So weisen beispielsweise Strömungsuntersuchungen in Krümmern sowie an Verzweigungen und Bifurkationen,die in Abhängigkeit von ihrem Winkel annäherungsweise einer End-zu-Seit-Anastomose entsprechen,auf eine Störung des normalen Strömungsmusters hin,HEBERER (1966),MC DONALD (1974), ROACH (1977).

Untersuchungen von HEBERER (1966),der störanfällige, instabile Strömungen mit intimaschädigender Wirkung an Verzweigungen und Bifurkationen des Gefäßsystems beschreibt, von SZYLAGYI (1960),der die End-zu-Seit-Anastomose als wenig günstig charakterisiert,allerdings gleichzeitig einräumt,daß bei genügend kleinem Winkel diese Anastomose der End-zu-End-Anastomose in ihrer hämodynamischen Wirkung ziemlich nahe kommen kann,und von RIEBEN (1961), der an Hand von Strömungsbildern in Glasmodellen feststellte,daß an Abgangs-und Eingangsstellen von End-zu-Seit-Anastomosen örtlich begrenzte Turbulenzerscheinungen auftreten,scheinen die Vorstellungen über die Nachteile der End-zu-Seit-Anastomose zu bestätigen.

Demgegenüber stehen die Vorteile dieser Anastomosenform. Sie ermöglicht eine passend weite,nicht stenosierende Verbindung auch mit kleineren Arterien und vermeidet die Schwierigkeiten,die infolge von Kaliberdifferenzen zwischen Wirtsgefäß und Transplantat bei der End-zu-End-Anastomose auftreten,HEBERER (1966).

Leider fehlen bisher jedoch ausreichende Untersuchungen - sieht man von denen ab,die mit Hilfe der elektromagnetischen Flußmessung zustande gekommen sind und deren Nach-

teile oben ausführlich geschildert worden sind, -die den eventuellen Vorteil dieses Anastomosetyps belegen können.

Eine weitere Überlegung wert ist dazu noch folgende Aussage: Für das Gefäßsystem des menschlichen Organismus gilt anatomisch und dynamisch das Prinzip der Ökonomie, d.h.Gefäßverzweigungen und Gefäßkrümmungen sind so geschaffen,daß optimale Strömungsverhältnisse mit minimalem Druckverlust gewährleistet sind,RIEBEN (1961).Als Beispiel kann dienen die Teilungsstelle der A.femoralis superficialis und A.femoralis profunda,die als Vorbild für die Anlage einer End-zu-Seit-Anastomose gelten kann. Ein weiteres Beispiel ist das Gefäßsystem im Bereich der Knieregion,d.h.der Abgang der A.tibialis posterior und A.peronaea aus der A.poplitea.Der scheinbar rechtwinklige Abgang der A.tibialis anterior wird durch die Biegung der A.poplitea in diesem Bereich so kompensiert, daß sie dem Abgangswinkel der A.tibialis posterior und der A.peronaea aus der A.poplitea entspricht.

Analog zu dieser Überlegung hat COHN (1955) ein hydraulisches System errechnet,daß hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Ökonomie als Optimalsystem zu bezeichnen ist; diese Anordnung stellt ein fast getreues Modell des menschlichen Blutkreislaufes dar.

Diese Untersuchungen weisen also daraufhin,daß die Verzweiger des menschlichen Arteriensystems bezüglich Wirbelvermeidung nahezu optimal gestaltet sind,so daß auch von einer chirurgisch geschaffenen End-zu-Seit-Anastomose

bei hämodynamisch angepaßter Form eine gute Langzeitfunktion erwartet werden kann.

Die bei der Turbulenzmessung der End-zu-Seit-Anastomosen festgestellten Ergebnisse zeigen,daß von den insgesamt 7 Messungen 1 cm distal der femoralen Anastomose 2 eine Zunahme des Turbulenzindex von 1,5 bzw.70,9 % aufwiesen. 2 cm distal der femoralen Anastomose zeigten 3 eine Verschlechterung zwischen 3,1 und 30,9 %.

Eine Verbesserung der Strömungsverhältnisse war 3 cm distal der Anastomose zu registrieren.Von den insgesamt 2 an dieser Stelle gemessenen Turbulenzindices waren beide um 22,3 bzw.50 % verbessert.Die Zu-bzw.Abnahme der Turbulenzindices bezog sich,wie bei den Messungen an den End-zu-End-Anastomosen jeweils auf den gemessenen Wert 1 cm proximal der femoralen Anastomose.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen somit folgende zurückhaltende Aussage zu:

Die allgemein vorherrschende Auffassung,die End-zu-End-Anastomose in der rekonstruktiven Arterienchirurgie sei die Methode der Wahl,gilt nur für gesunde Gefäße und bei kongruenten Lumina.Bei inadäquaten Lumina (Arteriendurchmesser größer als jener des Venentransplantats) ist die End-zu-Seit-Anastomose hämodynamisch mindestens ebenso günstig wie die End-zu-End-Anastomose,da die letztere einen Patch zum Ausgleich der Lumina im Anastomosenbereich benötigt,welcher lokale Strömungsstörungen aber keineswegs völlig ausschalten kann.

Gestaltet man auf der Basis der vorliegenden Untersuchungen

die End-zu-Seit-Anastomosen bei inkongruenten Lumina derart,daß ein trichterförmiger Abgang entsprechend dem Abgang der A.profunda femoris geschaffen wird,so ist die End-zu-Seit-Verbindung mit Patch vorzuziehen.Der Patch hat außerdem die Funktion,die lokalen Strömungsstörungen über dem distalen Anastomosenende (Strömungsteiler) zu mindern oder im Idealfall zu beseitigen.

5.Zusammenfassung

An insgesamt 21 Patienten,bei denen die Anlage eines autologen femoro-poplitealen Saphenabypass indiziert war,wurden mit Hilfe des Ultraschallverfahrens nach dem Doppler-Prinzip Turbulenzmessungen vorgenommen.
Bei 14 Patienten wurde eine End-zu-End-,bei 7 Patienten eine End-zu-Seit-Anastomose angelegt.Zusätzlich wurde für jede der beiden Anastomosetechniken an je 1 Patienten ein Strömungsprofil erstellt.
Die in der Literatur angegebenen Vor-und Nachteile dieser beiden Verfahren werden gegenübergestellt.
Die Auswertung der eigenen Ergebnisse ergab im Gegensatz zu bisher veröffentlichten Untersuchungen einen Vorteil der End-zu-Seit-Anastomose.
So fanden sich bei 14 End-zu-End-Anastomosen im Vergleich zur Meßstelle 1 cm stromaufwärts 1 bzw.2 bzw.3 cm distal davon bei 5 Patienten eine Abnahme des Turbulenzindex zwischen 14,8 und 69,4 % bzw.bei 3 Patienten zwischen 3,3 und 34,9 % bzw.bei 1 Patienten um 17,6 %.
Eine Zunahme des Turbulenzindex war festzustellen 1 bzw. 2 bzw.3 cm distal der proximalen Anastomose bei 9 von 14 Patienten zwischen 7,0 und 87,8 % bzw.bei 10 von 14 Patienten zwischen 15,7 und 142,8 % bzw,bei 1 Patient um 17,7 %.
Dagegen fand sich bei den End-zu-Seit-Anastomosen eine Zunahme des Turbulenzindex 1 bzw.2 bzw.3 cm distal der femoralen Anastomose bei 2 von 7 Patienten zwischen 1,5 und

70,9 % bzw.bei 3 Patienten zwischen 3,1 und 35,4 % bzw. bei 2 Patienten keine Zunahme.

Eine Abnahme des Turbulenzindex war festzustellen 1 bzw. 2 bzw.3 cm distal der femoralen Anastomose bei 5 von 7 Patienten zwischen 1,5 und 57,2 % bzw.bei 4 Patienten zwischen 25,8 und 50,0 % bzw.bei 2 Patienten zwischen 22,3 und 50,0 %.

Die Langzeitfunktion solcher Anastomosen wird zu untersuchen sein.

6.Literaturverzeichnis

BAKER,D.W. :

Pulsed ultrasonic Doppler flow sensing

Iree Journal of Sonics and Ultrasonics 17 : (1970),170-185

BERGUER,R.,HIGGINS,R.F. :

Deterioration of grafts and prostheses

J.Cardiovasc.Surg.17 : (1976),493-501

BUSSE,R.,KÖRNER,H.,SPERLING,W. :

Die transkutane Registrierung des Arterienpulses und

ihre Bedeutung in der klinischen Diagnostik

Herz/Kreisl.6 : (1974),160-167

COHN,D.L. :

Optimal systems:II.The vascular system

Bull.Math.Biophys.17 : (1955),219

FRUCHT,A.H. :

Die Schallgeschwindigkeit im menschlichen und tierischem

Gewebe

2.Exp.Med.120 : (1953),526

HAGMÜLLER,G.W.,RUSSE,O.J. :

Hämodynamik verschiedener Anastomoseformen bei femoro-

poplitealen Venenbypass

9.Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für

Gefäßchirurgie in Wien,12-14.November 1976

HAIMOVICI,H. :

Vascular surgery

Mc Graw-Hill Book Company 1976

HEBERER,G.,RAU,G.,LÖHR,H.H. :

Aorta und große Arterien

Springer Berlin-Heidelberg-New York 1966

HEINRICH,P. :

Gefäßchirurgie

Urban und Schwarzenberg München-Berlin-Wien 1976

MC DONALD,D.A. :

Blood flow in arteries

Edwald Arnold Publ.London 1975

MEYER-BURGDORFF,G.,WANKE,R. :

Die Chirurgie der chronischen arteriellen Verschluß-

krankheiten

Ferdinand Enke Stuttgart 1963

PALOMBA,P.P.,SANDMANN,W.,MOUTET,J.P.,PERONNEAU,P. :

Fernwirkungen hämodynamisch nicht signifikanter Stenosen

auf die Strömungsdynamik

2.gemeinsame Jahrestagung der Angiologischen Gesell-

schaften Deutschlands,Österreichs,Schweiz

26.9.-29.9.1979 Düsseldorf

PALOMBA,P.P.,SANDMANN,W.,MOSCHINSKI,D.,MOUTET,J.P.,
PERONNEAU,P. :
Quantitative Aspekte der Stenosewirkung
2.gemeinsame Jahrestagung der Angiologischen Gesellschaften Deutschlands,Österreichs,Schweiz
26.9.-29.9.1979 Düsseldorf

PASCH,TH.,BAUER,R.D.,GRUBE,F.D.,WETTERER,E. :
Erfahrungen mit einem Ultraschall-Doppler-Meßgerät zur transkutanen Registrierung der Blutgeschwindigkeit am Menschen
Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.Forsch.37 : (1971),370-376

PERONNEAU,P.,CHEVRIER,J.L.,BUI-MONG-HUNG,LEGER,F.,
HINGLAIS,J. :
Blood flow measurement by ultrasonic Doppler effect. Velocity profiles and velocity-flow rate relation
Abstr.4 th.Con.Eur.Soc.Exp.Surg.,Davos (1969)

ROACH,M.R. :
The effects of bifurcations and stenoses on arterial disease
University Park Press Baltimore-London-Tokyo 1977

RIEBEN,W. :
Behandlung chronischer Arterienverschlüsse der unteren Extremitäten
Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie 43 : (1961),325-409

SANDMANN,W.,PERONNEAU,P.,ULRICH,B.,BOURNAT,C.P.,
XHAARD,M.,GISBERTZ,K.H. :
Die Messung von Turbulenz mit Ultraschall-Doppler-Verfahren am Strömungmodell,am Hund und am Menschen
Gerhard Witzstrock Baden-Baden-Brüssel-Köln
Sonderdruck 1975

SANDMANN,W.,PERONNEAU,P.,GISBERTZ,K.H.,DALBERA,A.
BOURNAT,J.P. :
Reynolds number,shear stress and turbulence in the aortic arch and efferent branches.
Euromech Symposium of Cardiovascular and Respiratory Dynamics,Aachen 1975

SATOMURA,S. :
Study of flow patterns in peripheral arteries by ultrasonics
Nibon Onkyo-Gakki Shi,
J.Acoust.Soc.Japan 15 : (1959),151-158

SZILAGYI,D.E.,WHITCOMB,J.G.,SCHENKER,W.,WAIBEL,P. :
The laws of fluid flow and arterial grafting
Surgery 47 : (1960),55-73

TIBBS,D.J. :
Influence of the typ of anastomosis:End-to-side anastomosis versus end-to-end
J.Cardiovasc.Surg.17 : (1975),401-403

VOLLMAR,J. :

Rekonstruktive Chirurgie der Arterien

Georg Thieme Stuttgart 1975

WITTECK,G. :

Modulation von Ultraschallwellen durch turbulente Wasserströmungen

7 th.Int.Cong.Acoustics Budapest (1971),445-448

Die folgenden Tab.3-23c zeigen die Meßwerte,die zur Berechnung der Turbulenzindices T.I.dienten.

Dabei bedeuten:

$\overline{U}$ = Mittelwerte der ausgezählten Volt-Werte

Σ = Standardabweichung des Mittelwertes

$T.I.= \frac{\Sigma}{U} \times 100$ = Turbulenzindex

Tabelle 3:

1,F.B.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
2,0	-	4,0	2	4,0	2
1,9	1	3,8	-	3,8	-
1,8	2	3,6	-	3,6	4
1,7	1	3,4	1	3,4	4
1,6	2	3,2	1	3,2	5
1,5	3	3,0	2	3,0	9
1,4	1	2,8	2	2,8	8
1,3	3	2,6	-	2,6	8
1,2	5	2,4	3	2,4	7
1,1	1	2,2	4	2,2	1
1,0	4	2,0	2	2,0	1
0,9	9	1,8	2	1,8	1
0,8	3	1,6	1	1,6	2
0,7	1	1,4	3	1,4	3
0,6	1	1,2	2	1,2	-
0,5	4	1,0	3	1,0	-
0,4	3	0,8	1	0,8	3
0,3	-	0,6	-	0,6	-
0,2	3	0,4	-	0,4	1
0,1	-	0,2	-	0,2	-
$\bar{V}$ =	1,00	$\bar{V}$ =	2,13	$\bar{V}$ =	3,63
Σ =	0,45	Σ =	0,88	Σ =	0,79
T.I. =	45	T.I. =	41	T.I. =	30

Tabelle 4:

15,W.B.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
8,0	-	8,0	-	8,0	-
7,6	1	7,6	1	7,6	1
7,2	-	7,2	2	7,2	2
6,8	-	6,8	1	6,8	3
6,4	-	6,4	3	6,4	7
6,0	-	6,0	6	6,0	7
5,6	-	5,6	11	5,6	13
5,2	1	5,2	13	5,2	10
4,8	2	4,8	21	4,8	8
4,4	5	4,4	11	4,4	11
4,0	5	4,0	5	4,0	7
3,6	10	3,6	3	3,6	5
3,2	10	3,2	-	3,2	-
2,8	16	2,8	1	2,8	1
2,4	10	2,4	-	2,4	-
2,0	7	2,0	-	2,0	1
1,6	7	1,6	-	1,6	-
1,2	4	1,2	1	1,2	1
0,8	1	0,8	-	0,8	1
0,4	2	0,4	-	0,4	1
$\bar{V}$	= 2,87	$\bar{V}$	= 5,03	$\bar{V}$	= 4,99
Σ	= 1,15	Σ	= 0,95	Σ	= 1,34
T.I.	= 40	T.I.	= 19	T.I.	= 27

Tabelle 5:

17,K.H.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose		3 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	1	4,0	2	8,0	2	4,0	1
3,8	-	3,8	1	7,6	-	3,8	2
3,6	2	3,6	-	7,2	2	3,6	-
3,4	1	3,4	2	6,8	-	3,4	1
3,2	3	3,2	1	6,4	2	3,2	1
3,0	2	3,0	2	6,0	2	3,0	6
2,8	2	2,8	4	5,6	2	2,8	3
2,6	3	2,6	4	5,2	2	2,6	1
2,4	3	2,4	3	4,8	3	2,4	4
2,2	2	2,2	2	4,4	5	2,2	3
2,0	4	2,0	4	4,0	6	2,0	9
1,8	2	1,8	3	3,6	2	1,8	7
1,6	1	1,6	4	3,2	2	1,6	3
1,4	2	1,4	2	2,8	6	1,4	4
1,2	3	1,2	5	2,4	7	1,2	3
1,0	4	1,0	3	2,0	6	1,0	3
0,8	3	0,8	6	1,6	5	0,8	5
0,6	5	0,6	4	1,2	6	0,6	1
0,4	4	0,4	6	0,8	7	0,4	3
0,2	3	0,2	4	0,4	5	0,2	2
$\bar{V}$ =	1,73	$\bar{V}$ =	1,66	$\bar{V}$ =	3,04	$\bar{V}$ =	1,89
Σ =	1,08	Σ =	1,06	Σ =	1,99	Σ =	0,93
T.I. =	63	T.I. =	64	T.I. =	65	T.I. =	49

Tabelle 6:

18,J.S.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	-	4,0	1	4,0	-
3,8	-	3,8	1	3,8	1
3,6	-	3,6	-	3,6	-
3,4	-	3,4	1	3,4	-
3,2	-	3,2	-	3,2	1
3,0	1	3,0	-	3,0	2
2,8	2	2,8	1	2,8	-
2,6	6	2,6	2	2,6	-
2,4	3	2,4	2	2,4	2
2,2	4	2,2	2	2,2	-
2,0	9	2,0	5	2,0	7
1,8	8	1,8	5	1,8	4
1,6	9	1,6	4	1,6	9
1,4	8	1,4	3	1,4	5
1,2	3	1,2	2	1,2	5
1,0	1	1,0	1	1,0	3
0,8	1	0,8	1	0,8	4
0,6	-	0,6	2	0,6	-
0,4	2	0,4	4	0,4	-
0,2	-	0,2	1	0,2	1

$\bar{V}$	= 1,83	$\bar{V}$	= 1,72	$\bar{V}$	= 1,65
Σ	= 0,56	Σ	= 0,91	Σ	= 0,69
T.I.	= 31	T.I.	= 53	T.I.	= 42

Tabelle 7:

19,U.F.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	-	4,0	2	2,0	1
3,8	-	3,8	3	1,9	-
3,6	-	3,6	2	1,8	1
3,4	2	3,4	4	1,7	-
3,2	2	3,2	4	1,6	1
3,0	4	3,0	5	1,5	1
2,8	1	2,8	5	1,4	2
2,6	2	2,6	2	1,3	-
2,4	8	2,4	2	1,2	1
2,2	2	2,2	-	1,1	2
2,0	7	2,0	1	1,0	5
1,8	2	1,8	-	0,9	3
1,6	3	1,6	1	0,8	6
1,4	2	1,4	-	0,7	6
1,2	2	1,2	-	0,6	5
1,0	1	1,0	-	0,5	6
0,8	2	0,8	-	0,4	3
0,6	2	0,6	-	0,3	2
0,4	-	0,4	-	0,2	2
0,2	2	0,2	-	0,1	3

$\bar{V}$	= 2,01	$\bar{V}$	= 3,08	$\bar{V}$	= 0,77
Σ	= 0,84	Σ	= 0,56	Σ	= 0,42
T.I.	= 42	T.I.	= 18	T.I.	= 55

Tabelle 8:

20,E.W.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	2	4,0	-	4,0	-
3,8	-	3,8	3	3,8	1
3,6	2	3,6	1	3,6	1
3,4	-	3,4	2	3,4	1
3,2	-	3,2	1	3,2	1
3,0	2	3,0	-	3,0	1
2,8	-	2,8	-	2,8	3
2,6	-	2,6	4	2,6	4
2,4	2	2,4	4	2,4	4
2,2	4	2,2	4	2,2	4
2,0	2	2,0	4	2,0	15
1,8	2	1,8	3	1,8	18
1,6	-	1,6	7	1,6	11
1,4	3	1,4	7	1,4	12
1,2	4	1,2	3	1,2	6
1,0	4	1,0	1	1,0	6
0,8	4	0,8	7	0,8	4
0,6	4	0,6	3	0,6	3
0,4	8	0,4	7	0,4	-
0 ,2	3	0,2	4	0,2	2
$\bar{V}$ =	1,41	$\bar{V}$ =	1,60	$\bar{V}$ =	1,75
Σ =	1,06	Σ =	0,99	Σ =	0,67
T.I. =	76	T.I. =	62	T.I. =	38

Tabelle 9:

21,T.B.,End-zu-Seit-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose		3 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	1	4,0	-	4,0	1	4,0	3
3,8	1	3,8	-	3,8	-	3,8	3
3,6	1	3,6	-	3,6	1	3,6	2
3,4	2	3,4	1	3,4	2	3,4	3
3,2	3	3,2	-	3,2	-	3,2	5
3,0	1	3,0	3	3,0	-	3,0	4
2,8	5	2,8	1	2,8	-	2,8	13
2,6	7	2,6	1	2,6	1	2,6	8
2,4	4	2,4	1	2,4	4	2,4	15
2,2	2	2,2	-	2,2	3	2,2	15
2,0	3	2,0	3	2,0	3	2,0	17
1,8	9	1,8	2	1,8	5	1,8	9
1,6	9	1,6	2	1,6	12	1,6	7
1,4	1	1,4	1	1,4	11	1,4	6
1,2	8	1,2	3	1,2	15	1,2	2
1,0	15	1,0	5	1,0	17	1,0	2
0,8	9	0,8	4	0,8	7	0,8	2
0,6	5	0,6	9	0,6	5	0,6	2
0,4	17	0,4	5	0,4	2	0,4	2
0,2	6	0,2	1	0,2	5	0,2	2
$\bar{V}$ =	1,37	$\bar{V}$ =	1,28	$\bar{V}$ =	1,36	$\bar{V}$ =	2,24
Σ =	0,95	Σ =	0,88	Σ =	0,71	Σ =	0,79
T.I. =	70	T.I. =	69	T.I. =	52	T.I. =	35

Tabelle 9a:

21,T.B.,End-zu-Seit-Anastomose,Turbulenzprofil

1 cm proximal der femoralen Anastomose

V	usec												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4,0	1	-	4	1	3	3	1	1	2	-	-	1	-
3,8	1	-	1	6	4	1	-	-	1	2	1	1	-
3,6	1	1	1	5	5	5	1	-	1	2	1	3	2
3,4	2	2	5	1	2	3	-	5	1	3	7	3	-
3,2	6	1	1	3	-	1	7	1	-	5	6	3	1
3,0	-	3	4	2	3	7	6	8	7	6	5	5	3
2,8	1	3	7	5	6	10	9	7	16	13	9	4	2
2,6	5	3	9	8	2	6	7	7	12	17	7	3	1
2,4	2	5	6	7	7	9	13	7	12	18	11	1	1
2,2	7	5	4	5	6	11	16	13	15	9	7	-	1
2,0	6	11	3	8	7	16	16	18	11	18	11	4	1
1,8	6	12	-	7	8	8	13	9	7	6	2	-	1
1,6	5	4	2	2	5	4	9	5	1	1	2	1	1
1,4	3	2	2	3	6	2	5	5	2	2	1	-	-
1,2	4	3	-	4	3	1	1	1	1	1	-	-	-
1,0	1	4	1	3	2	1	1	1	-	-	-	1	3
0,8	8	3	2	3	1	-	-	3	2	-	-	-	4
0,6	3	2	4	4	2	1	1	3	1	-	1	6	1
0,4	1	5	6	1	2	2	2	4	-	-	-	2	-
0,2	3	4	1	2	-	1	1	1	2	-	4	4	2

$\bar{V}$	=1,87	1,76	2,24	2,20	2,25	2,36	2,19	2,09	2,34	2,48	2,43	2,16	1,87
Σ	=0,96	0,85	1,09	0,99	0,93	0,77	0,65	0,78	0,67	0,51	0,78	1,25	1,11
T.I.=	51	49	49	45	42	33	30	37	29	21	32	58	5[illegible]

Tabelle 9b:

21,T.B.,End-zu-Seit-Anastomose,Turbulenzprofil

1 cm distal der femoralen Anastomose

V	usec					
	6	7	8	9	10	11
4,0	-	-	-	1	-	1
3,8	-	-	1	-	1	-
3,6	-	-	-	-	-	-
3,4	1	-	-	-	1	-
3,2	2	-	-	-	-	-
3,0	2	1	3	-	2	2
2,8	1	2	2	-	-	-
2,6	2	1	1	2	1	1
2,4	6	1	1	1	1	-
2,2	6	2	1	3	2	1
2,0	6	2	6	4	3	5
1,8	7	8	6	5	5	1
1,6	13	7	19	4	6	3
1,4	9	9	12	15	6	4
1,2	2	8	17	8	13	4
1,0	3	7	8	3	7	8
0,8	1	3	5	4	10	4
0,6	2	2	4	6	5	3
0,4	1	7	2	3	2	2
0,2	1	-	1	2	2	4
$\bar{V}$	=1,81	1,39	1,48	1,37	1,35	1,31
Σ	=0,66	0,63	0,62	0,67	0,72	0,82
T.I.=	37	45	42	49	53	63

Tabelle 9c:

21,T.B.,End-zu-Seit-Anastomose,Turbulenzprofil

2 cm distal der femoralen Anastomose

V	usec						
	5	6	7	8	9	10	11
4,0	-	-	-	-	-	-	-
3,8	1	-	-	-	1	1	1
3,6	-	-	-	-	1	-	-
3,4	-	-	-	-	-	1	-
3,2	-	-	-	2	-	-	-
3,0	1	1	-	-	1	-	-
2,8	1	1	2	-	-	-	2
2,6	1	3	1	-	2	5	1
2,4	5	5	3	3	1	-	-
2,2	4	6	4	3	3	1	3
2,0	3	8	14	17	8	2	2
1,8	5	10	14	24	10	5	4
1,6	5	22	23	26	18	4	4
1,4	4	21	14	14	27	11	6
1,2	3	4	7	7	8	11	6
1,0	2	4	5	1	4	7	3
0,8	-	2	-	-	5	8	6
0,6	-	-	-	-	2	3	4
0,4	-	-	1	1	4	4	7
0,2	-	-	1	1	-	2	1

$\bar{V}$ =	1,92	1,70	1,65	1,70	1,53	1,35	1,30
Σ =	0,60	0,44	0,42	0,41	0,57	0,71	0,76
T.I. =	31	26	26	24	37	53	58

Tabelle 11:

3,0.S.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	3	4,0	2	4,0	-
3,8	3	3,8	-	3,8	-
3,6	2	3,6	1	3,6	-
3,4	2	3,4	-	3,4	2
3,2	3	3,2	6	3,2	1
3,0	13	3,0	7	3,0	-
2,8	5	2,8	1	2,8	-
2,6	9	2,6	4	2,6	-
2,4	10	2,4	-	2,4	-
2,2	8	2,2	-	2,2	1
2,0	15	2,0	-	2,0	1
1,8	11	1,8	1	1,8	2
1,6	8	1,6	5	1,6	3
1,4	3	1,4	1	1,4	-
1,2	5	1,2	1	1,2	2
1,0	-	1,0	-	1,0	7
0,8	2	0,8	-	0,8	9
0,6	-	0,6	-	0,6	6
0,4	-	0,4	-	0,4	2
0,2	2	0,2	-	0,2	2
$\bar{V}$	= 2,31	$\bar{V}$	= 2,67	$\bar{V}$	= 1,16
Σ	= 0,78	Σ	= 0,78	Σ	= 0,80
T.I.	= 34	T.I.	= 29	T.I.	= 69

Tabelle 12:

4,M.P.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	-	4,0	-	8,0	-
3,8	1	3,8	-	7,6	1
3,6	3	3,6	-	7,2	-
3,4	3	3,4	-	6,8	-
3,2	6	3,2	1	6,4	1
3,0	1	3,0	1	6,0	-
2,8	5	2,8	3	5,6	1
2,6	2	2,6	6	5,2	2
2,4	1	2,4	-	4,8	-
2,2	1	2,2	8	4,4	2
2,0	1	2,0	7	4,0	2
1,8	-	1,8	3	3,6	2
1,6	1	1,6	5	3,2	4
1,4	-	1,4	3	2,8	1
1,2	3	1,2	6	2,4	7
1,0	2	1,0	4	2,0	5
0,8	3	0,8	-	1,6	4
0,6	3	0,6	-	1,2	1
0,4	5	0,4	-	0,8	1
0,2	2	0,2	-	0,4	-
$\overline{V}$ =	2,01	$\overline{V}$ =	1,93	$\overline{V}$ =	3,08
Σ =	1,24	Σ =	0,60	Σ =	1,55
T.I. =	61	T.I. =	31	T.I. =	50

Tabelle 13:

5,W.A.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
2,0	3	4,0	1	2,0	-
1,9	2	3,8	-	1,9	-
1,8	3	3,6	4	1,8	-
1,7	1	3,4	1	1,7	-
1,6	3	3,2	3	1,6	-
1,5	3	3,0	-	1,5	-
1,4	1	2,8	3	1,4	-
1,3	2	2,6	1	1,3	-
1,2	1	2,4	3	1,2	1
1,1	1	2,2	2	1,1	2
1,0	-	2,0	3	1,0	2
0,9	1	1,8	2	0,9	5
0,8	2	1,6	-	0,8	1
0,7	1	1,4	1	0,7	4
0,6	1	1,2	1	0,6	2
0,5	-	1,0	1	0,5	1
0,4	-	0,8	4	0,4	2
0,3	-	0,6	1	0,3	2
0,2	-	0,4	-	0,2	-
0,1	-	0,2	-	0,1	1
$\bar{V}$	= 1,45	$\bar{V}$	= 2,29	$\bar{V}$	= 0,73
Σ	= 0,43	Σ	= 1,01	Σ	= 0,29
T.I.	= 30	T.I.	= 44	T.I.	= 40

Tabelle 14:

6,E.E.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
2,0	-	2,0	3	4,0	1
1,9	-	1,9	1	3,8	1
1,8	-	1,8	1	3,6	1
1,7	-	1,7	2	3,4	-
1,6	1	1,6	1	3,2	-
1,5	-	1,5	-	3,0	-
1,4	2	1,4	2	2,8	1
1,3	3	1,3	1	2,6	-
1,2	3	1,2	2	2,4	1
1,1	-	1,1	1	2,2	4
1,0	2	1,0	2	2,0	4
0,9	5	0,9	2	1,8	-
0,8	3	0,8	1	1,6	1
0,7	2	0,7	-	1,4	1
0,6	3	0,6	2	1,2	1
0,5	1	0,5	-	1,0	1
0,4	1	0,4	2	0,8	2
0,3	-	0,3	3	0,6	1
0,2	-	0,2	3	0,4	1
0,1	-	0,1	1	0,2	8

$\overline{V}$	= 0,96	$\overline{V}$	= 1,02	$\overline{V}$	= 1,48
Σ	= 0,31	Σ	= 0,63	Σ	= 1,17
T.I.	= 33	T.I.	= 62	T.I.	= 79

Tabelle 15:

7,J.H.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
2,0	-	4,0	-	4,0	-
1,9	-	3,8	-	3,8	-
1,8	-	3,6	-	3,6	-
1,7	-	3,4	-	3,4	-
1,6	-	3,2	3	3,2	-
1,5	-	3,0	1	3,0	-
1,4	-	2,8	-	2,8	-
1,3	-	2,6	1	2,6	-
1,2	-	2,4	4	2,4	-
1,1	-	2,2	2	2,2	-
1,0	-	2,0	4	2,0	-
0,9	-	1,8	3	1,8	3
0,8	-	1,6	7	1,6	3
0,7	-	1,4	4	1,4	2
0,6	-	1,2	5	1,2	3
0,5	6	1,0	3	1,0	7
0,4	15	0,8	3	0,8	11
0,3	4	0,6	3	0,6	6
0,2	1	0,4	-	0,4	4
0,1	1	0,2	-	0,2	1
$\overline{V}$	= 0,39	$\overline{V}$	= 1,69	$\overline{V}$	= 0,95
Σ	= 0,09	Σ	= 0,71	Σ	= 0,42
T.I.	= 24	T.I.	= 42	T.I.	= 44

Tabelle 16:

9,W.W.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose		3 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	-	8,0	4	8,0	1	4,0	-
3,8	-	7,6	5	7,6	1	3,8	1
3,6	1	7,2	9	7,2	-	3,6	1
3,4	2	6,8	10	6,8	-	3,4	1
3,2	1	6,4	8	6,4	-	3,2	1
3,0	-	6,0	7	6,0	3	3,0	3
2,8	1	5,6	9	5,6	-	2,8	1
2,6	1	5,2	11	5,2	3	2,6	7
2,4	2	4,8	2	4,8	3	2,4	7
2,2	1	4,4	3	4,4	2	2,2	5
2,0	8	4,0	1	4,0	3	2,0	24
1,8	1	3,6	-	3,6	6	1,8	19
1,6	6	3,2	1	3,2	4	1,6	10
1,4	8	2,8	-	2,8	7	1,4	8
1,2	6	2,4	-	2,4	8	1,2	1
1,0	15	2,0	-	2,0	5	1,0	1
0,8	7	1,6	-	1,6	11	0,8	4
0,6	12	1,2	-	1,2	11	0,6	1
0,4	7	0,8	-	0,8	5	0,4	1
0,2	4	0,4	-	0,4	1	0,2	-

$\bar{V}$	= 1,24	$\bar{V}$	= 6,15	$\bar{V}$	= 2,74	$\bar{V}$	= 1,41
Σ	= 0,77	Σ	= 1,17	Σ	= 1,65	Σ	= 1,03
T.I.	= 62	T.I.	= 19	T.I.	= 60	T.I.	= 73

Tabelle 18:

11,C.H.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose		3 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	3	4,0	7	4,0	5	4,0	2
3,8	3	3,8	5	3,8	4	3,8	9
3,6	3	3,6	8	3,6	5	3,6	5
3,4	3	3,4	8	3,4	5	3,4	5
3,2	1	3,2	7	3,2	10	3,2	13
3,0	6	3,0	11	3,0	4	3,0	16
2,8	4	2,8	6	2,8	5	2,8	19
2,6	1	2,6	10	2,6	4	2,6	17
2,4	6	2,4	8	2,4	2	2,4	12
2,2	3	2,2	17	2,2	6	2,2	12
2,0	10	2,0	10	2,0	4	2,0	14
1,8	15	1,8	12	1,8	10	1,8	5
1,6	12	1,6	7	1,6	1	1,6	5
1,4	9	1,4	11	1,4	10	1,4	8
1,2	9	1,2	12	1,2	8	1,2	3
1,0	6	1,0	11	1,0	7	1,0	7
0,8	11	0,8	4	0,8	5	0,8	2
0,6	10	0,6	7	0,6	7	0,6	-
0,4	6	0,4	8	0,4	7	0,4	2
0,2	4	0,2	6	0,2	4	0,2	-

$\bar{V}$	= 1,71	$\bar{V}$	= 1,94	$\bar{V}$	= 1,86	$\bar{V}$	= 2,30
Σ	= 0,97	Σ	= 1,19	Σ	= 1,23	Σ	= 1,08
T.I.	= 57	T.I.	= 61	T.I.	= 66	T.I.	= 47

Tabelle 19:

12,W.A.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	3	4,0	-	4,0	-
3,8	3	3,8	-	3,8	2
3,6	2	3,6	-	3,6	-
3,4	5	3,4	-	3,4	3
3,2	5	3,2	-	3,2	3
3,0	3	3,0	-	3,0	4
2,8	11	2,8	-	2,8	6
2,6	2	2,6	-	2,6	14
2,4	6	2,4	-	2,4	32
2,2	2	2,2	-	2,2	39
2,0	9	2,0	1	2,0	48
1,8	5	1,8	1	1,8	17
1,6	4	1,6	2	1,6	27
1,4	5	1,4	5	1,4	10
1,2	2	1,2	14	1,2	3
1,0	3	1,0	30	1,0	2
0,8	4	0,8	17	0,8	-
0,6	1	0,6	3	0,6	-
0,4	-	0,4	-	0,4	-
0,2	-	0,2	-	0,2	1

$\overline{V}$	= 2,24	$\overline{V}$	= 0,81	$\overline{V}$	= 1,65
Σ	= 0,98	Σ	= 0,47	Σ	= 0,99
T.I.	= 44	T.I.	= 58	T.I.	= 60

Tabelle 20:

13,A.G.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	1	4,0	1	4,0	-
3,8	1	3,8	1	3,8	-
3,6	1	3,6	1	3,6	-
3,4	-	3,4	2	3,4	-
3,2	2	3,2	3	3,2	1
3,0	1	3,0	1	3,0	-
2,8	2	2,8	5	2,8	3
2,6	3	2,6	7	2,6	5
2,4	2	2,4	4	2,4	1
2,2	2	2,2	2	2,2	4
2,0	5	2,0	3	2,0	3
1,8	12	1,8	9	1,8	4
1,6	13	1,6	9	1,6	7
1,4	23	1,4	1	1,4	3
1,2	20	1,2	8	1,2	7
1,0	29	1,0	15	1,0	8
0,8	18	0,8	9	0,8	11
0,6	13	0,6	5	0,6	9
0,4	11	0,4	17	0,4	10
0,2	7	0,2	6	0,2	8
$\bar{V}$ =	1,26	$\bar{V}$ =	1,37	$\bar{V}$ =	1,20
Σ =	0,70	Σ =	0,94	Σ =	0,79
T.I. =	55	T.I. =	69	T.I. =	65

Tabelle 21:

14,W.H.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	-	4,0	-	4,0	-
3,8	-	3,8	1	3,8	1
3,6	2	3,6	-	3,6	1
3,4	-	3,4	-	3,4	1
3,2	2	3,2	-	3,2	2
3,0	5	3,0	2	3,0	1
2,8	7	2,8	3	2,8	3
2,6	16	2,6	2	2,6	3
2,4	26	2,4	3	2,4	3
2,2	10	2,2	1	2,2	8
2,0	7	2,0	4	2,0	11
1,8	4	1,8	6	1,8	6
1,6	-	1,6	7	1,6	7
1,4	-	1,4	11	1,4	2
1,2	-	1,2	8	1,2	3
1,0	2	1,0	4	1,0	1
0,8	-	0,8	5	0,8	-
0,6	1	0,6	5	0,6	-
0,4	-	0,4	-	0,4	-
0,2	-	0,2	3	0,2	-
$\bar{V}$	= 1,68	$\bar{V}$	= 1,50	$\bar{V}$	= 1,94
Σ	= 1,11	Σ	= 0,77	Σ	= 0,84
T.I.	= 66	T.I.	= 52	T.I.	= 43

Tabelle 22:

16,8.H.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	2	4,0	2	4,0	3
3,8	3	3,8	-	3,8	3
3,6	8	3,6	2	3,6	2
3,4	15	3,4	6	3,4	2
3,2	10	3,2	2	3,2	3
3,0	7	3,0	8	3,0	13
2,8	4	2,8	5	2,8	5
2,6	2	2,6	7	2,6	9
2,4	2	2,4	7	2,4	10
2,2	1	2,2	4	2,2	8
2,0	2	2,0	7	2,0	15
1,8	-	1,8	2	1,8	11
1,6	-	1,6	-	1,6	8
1,4	-	1,4	1	1,4	3
1,2	-	1,2	-	1,2	5
1,0	-	1,0	-	1,0	-
0,8	-	0,8	2	0,8	2
0,6	-	0,6	-	0,6	-
0,4	-	0,4	-	0,4	-
0,2	-	0,2	-	0,2	2
$\bar{V}$	= 3,21	$\bar{V}$	= 2,63	$\bar{V}$	= 2,31
$\sum$	= 0,45	$\sum$	= 0,67	$\sum$	= 0,78
T.I.	= 14	T.I.	= 26	T.I.	= 34

Tabelle 23:

22,W.H.,End-zu-End-Anastomose

1 cm proximal der femoralen Anastomose		1 cm distal der femoralen Anastomose		2 cm distal der femoralen Anastomose	
4,0	1	8,0	3	8,0	2
3,8	1	7,6	3	7,6	-
3,6	3	7,2	1	7,2	3
3,4	11	6,8	4	6,8	1
3,2	3	6,4	2	6,4	3
3,0	2	6,0	1	6,0	1
2,8	3	5,6	6	5,6	3
2,6	3	5,2	7	5,2	3
2,4	4	4,8	10	4,8	2
2,2	2	4,4	4	4,4	3
2,0	4	4,0	4	4,0	4
1,8	-	3,6	7	3,6	4
1,6	1	3,2	4	3,2	2
1,4	2	2,8	5	2,8	3
1,2	-	2,4	-	2,4	2
1,0	-	2,0	-	2,0	1
0,8	-	1,6	-	1,6	2
0,6	-	1,2	-	1,2	1
0,4	-	0,8	-	0,8	-
0,2	-	0,4	-	0,4	-

$\bar{V}$	= 2,86	$\bar{V}$	= 4,98	$\bar{V}$	= 4,53
Σ	= 0,68	Σ	= 1,47	Σ	= 1,82
T.I.	= 24	T.I.	= 29	T.I.	= 40

Tabelle 23a:

22,W.H.,End-zu-End-Anastomose,Turbulenzprofil

1 cm proximal der femoralen Anastomose

V	usec									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4,0	–	–	–	–	4	1	4	1	1	1
3,8	–	1	–	–	4	3	3	1	2	–
3,6	1	–	1	–	3	2	2	2	1	1
3,4	2	1	1	2	2	2	–	2	1	–
3,2	3	3	–	2	4	7	3	2	2	–
3,0	8	4	5	2	5	5	1	1	2	2
2,8	7	7	2	1	1	9	2	1	–	4
2,6	10	7	5	2	2	2	5	3	2	2
2,4	7	5	9	4	3	3	4	2	1	–
2,2	–	3	4	2	5	–	2	–	1	2
2,0	3	2	4	5	2	1	1	2	3	1
1,8	–	–	3	3	4	2	–	–	2	1
1,6	1	2	4	1	1	–	2	2	3	2
1,4	–	2	1	2	–	3	2	4	3	1
1,2	3	1	–	2	–	1	1	3	3	3
1,0	–	1	1	1	–	–	1	1	1	3
0,8	–	–	–	1	–	–	1	–	1	2
0,6	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–
0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

$\bar{V}$	= 2,61	2,50	2,33	2,12	2,89	2,81	2,67	2,31	2,23	2,04
Σ	= 0,55	0,62	0,55	0,75	0,75	0,70	0,93	0,99	0,95	0,92
T.I. =	21	25	24	36	26	25	35	43	43	45

Tabelle 23b:

22,W.H.,End-zu-End-Anastomose,Turbulenzprofil

1 cm distal der femoralen Anastomose

V	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8,0	1	-	2	6	4	2	1	-	1	-
7,6	1	8	3	5	3	-	-	-	3	1
7,2	-	4	3	7	4	-	4	1	1	-
6,8	1	3	4	4	9	3	1	1	3	1
6,4	1	1	7	4	6	1	1	4	1	-
6,0	-	2	8	6	10	6	5	2	1	2
5,6	2	-	5	2	7	4	3	3	2	-
5,2	3	4	11	1	11	4	2	4	4	3
4,8	1	3	6	1	2	5	3	4	4	1
4,4	-	1	3	-	1	8	1	6	2	1
4,0	-	2	2	1	2	6	5	5	5	3
3,6	2	1	2	1	2	4	8	7	9	3
3,2	1	2	-	1	1	2	2	6	3	1
2,8	1	2	-	1	1	5	3	3	4	2
2,4	1	2	1	2	-	-	4	2	3	3
2,0	5	1	-	-	-	-	5	4	2	4
1,6	3	5	-	-	-	-	2	1	4	6
1,2	4	1	-	-	-	-	-	2	-	3
0,8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$\overline{V}$ =	3,44	4,94	5,71	6,30	5,95	4,80	4,25	4,08	4,26	3,20
Σ =	2,18	2,22	1,16	1,58	1,19	1,30	1,74	1,48	1,75	1,78
T.I. =	63	45	20	25	20	27	41	36	41	56

Tabelle 23c:

22,W.H.,End-zu-End-Anastomose,Turbulenzprofil

2 cm distal der femoralen Anastomose

V	usec				
	5	6	7	8	9
8,0	-	1	-	-	-
7,6	1	1	2	-	3
7,2	-	-	-	1	3
6,8	2	1	1	2	-
6,4	1	2	2	2	1
6,0	3	1	1	1	1
5,6	4	4	1	1	-
5,2	7	6	1	1	2
4,8	5	3	2	1	2
4,4	1	4	1	3	1
4,0	10	3	3	4	2
3,6	7	4	2	1	1
3,2	3	4	1	1	3
2,8	3	4	5	5	8
2,4	6	7	3	4	4
2,0	3	4	5	6	4
1,6	-	2	3	2	5
1,2	-	-	1	2	1
0,8	-	-	-	-	-
0,4	-	-	-	-	-

$\bar{V}$ =	4,22	4,02	3,68	3,58	3,70
Σ =	1,36	1,60	1,84	1,74	1,98
T.I. =	32	40	50	49	53

L e b e n s l a u f

Am 9.2.1950 wurde ich als Sohn des Gärtners Josef Twehues und seiner Ehefrau Hermine,geb.Zehnpfennig,in Sassenberg/ Kreis Warendorf geboren.

Von 1956-1960 besuchte ich die Volksschule in Sassenberg und anschließend von 1960-1969 den neusprachlichen Zweig des Staatl.Gymnasium Laurentianum in Warendorf;dort bestand ich 1969 das Abitur.

Daran anschließend arbeitete ich zwei Jahre als Apothekerpraktikant in der Rochol's Apotheke in Oelde.1971 bestand ich in Münster die pharmazeutische Vorprüfung und war dann bis 1972 als Vorexaminierter in Düsseldorf beschäftigt.

Von Juli 1972 bis September 1973 leistete ich den Wehrdienst als Sanitäter in Flensburg und Düsseldorf ab.

1973 heiratete ich Frl.Rita Pelkmann;1977 wurde unser Sohn geboren.

Seit dem WS 1973/74 studiere ich Medizin an der Universität Düsseldorf.Im August 1975 bestand ich die Ärztliche Vorprüfung,1976 den ersten und 1978 den zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.Von Oktober 1978 bis September 1979 leistete ich das Praktische Jahr an der Universität Düsseldorf ab.

Düsseldorf,den 29.9.1979

Für die Überlassung des Themas,die großzügige Hilfe bei den intraoperativen Messungen sowie für die wertvollen Anregungen bei der Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse gebührt mein besonderer Dank Herrn Priv.Doz. Dr.med.W.Sandmann.